

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2002年11月29日

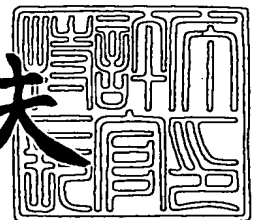
出願番号  
Application Number: 特願2002-348916  
[ST. 10/C]: [JP2002-348916]

出願人  
Applicant(s): 日本碍子株式会社

2003年10月24日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 PCK17145GA

【提出日】 平成14年11月29日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01J 3/00

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式  
                                会社内

    【氏名】 武内 幸久

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式  
                                会社内

    【氏名】 七瀧 努

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式  
                                会社内

    【氏名】 大和田 巖

【特許出願人】

    【識別番号】 000004064

    【氏名又は名称】 日本碍子株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100077665

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 千葉 剛宏

【選任した代理人】

    【識別番号】 100116676

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 宮寺 利幸

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001834

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9724024

【包括委任状番号】 0206306

【プルーフの要否】 要

**【書類名】 明細書****【発明の名称】**

電子放出素子の電子放出方法

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

圧電材料にて構成された電界印加部と、  
前記電界印加部に接して形成されたカソード電極及びアノード電極とを有する電子放出素子の電子放出方法において、  
前記電界印加部を一方向に分極させた後、  
前記電界印加部に高速に抗電界を超える電界を印加して、前記電界印加部を分極反転させることによって電子放出させることを特徴とする電子放出素子の電子放出方法。

**【請求項 2】**

請求項 1 記載の電子放出素子の電子放出方法において、  
前記電界印加部に、一定時間内に抗電界を超える電界を印加することによって電子放出させることを特徴とする電子放出素子の電子放出方法。

**【請求項 3】**

請求項 1 又は 2 記載の電子放出素子の電子放出方法において、  
第 1 の期間に、前記カソード電極とアノード電極間に、前記カソード電極が正極性となる電圧を印加して前記電界印加部を予め一方向に分極させ、  
第 2 の期間に、前記カソード電極とアノード電極間に、前記カソード電極が負極性となる電圧を印加して、前記電界印加部を分極反転させることによって電子放出させることを特徴とする電子放出素子の電子放出方法。

**【請求項 4】**

請求項 3 記載の電子放出素子の電子放出方法において、  
前記カソード電極が負極性となる電圧のレベルを制御することによって、前記第 2 の期間の開始時点から一定時間内に、前記電界印加部に抗電界を超える電界を印加することを特徴とする電子放出素子の電子放出方法。

**【請求項 5】**

反強誘電体材料にて構成された電界印加部と、

前記電界印加部に接して形成されたカソード電極及びアノード電極とを有する電子放出素子の電子放出方法において、

前記電界印加部に高速に電界を印加して前記電界印加部を強誘電体に相転移させて、前記電界印加部を分極させることによって電子放出させることを特徴とする電子放出素子の電子放出方法。

【請求項 6】

請求項 5 記載の電子放出素子の電子放出方法において、

前記電界印加部に対して、一定時間内に前記電界印加部が強誘電体に相転移し、前記電界印加部を分極させる程度の電界を印加することによって電子放出させることを特徴とする電子放出素子の電子放出方法。

【請求項 7】

請求項 5 又は 6 記載の電子放出素子の電子放出方法において、

第 1 の期間に、前記カソード電極とアノード電極間に基準電圧を印加し、

第 2 の期間に、前記カソード電極とアノード電極間に高速に、前記カソード電極が負極性となる電圧を印加して、前記電界印加部を強誘電体に相転移させて、前記電界印加部を分極させることによって電子放出させることを特徴とする電子放出素子の電子放出方法。

【請求項 8】

請求項 7 記載の電子放出素子の電子放出方法において、

前記基準電圧が 0 Vであることを特徴とする電子放出素子の電子放出方法。

【請求項 9】

請求項 7 又は 8 記載の電子放出素子の電子放出方法において、

前記カソード電極が負極性となる電圧のレベルを制御することによって、前記第 2 の期間の開始時点から一定時間内に前記電界印加部を強誘電体に相転移させて、前記電界印加部を分極させる程度の電界を印加することを特徴とする電子放出素子の電子放出方法。

【請求項 10】

請求項 7～9 のいずれか 1 項に記載の電子放出素子の電子放出方法において、

前記第2の期間に、前記カソード電極とアノード電極間の電圧が電子放出に必要なレベルに達する動作と、電子放出時の前記カソード電極とアノード電極間の電圧降下レベルが前記電界印加部の分極をリセットするしきい値レベルに達する動作とからなる一連のサイクルが連続して発生するように、前記第2の期間の開始時点に印加される前記カソード電極が負極性となる電圧のレベルを制御することを特徴とする電子放出素子の電子放出方法。

**【請求項11】**

電歪材料にて構成された電界印加部と、

前記電界印加部に接して形成されたカソード電極及びアノード電極とを有する電子放出素子の電子放出方法において、

前記電界印加部に電界を印加して前記電界印加部での分極量を制御することによって電子放出させることを特徴とする電子放出素子の電子放出方法。

**【請求項12】**

請求項11記載の電子放出素子の電子放出方法において、

第1の期間に、前記カソード電極とアノード電極間に基準電圧を印加し、

第2の期間に、前記カソード電極とアノード電極間に前記カソード電極が負極性となる電圧を印加して、前記電界印加部を分極させることによって電子放出させることを特徴とする電子放出素子の電子放出方法。

**【請求項13】**

請求項12記載の電子放出素子の電子放出方法において、

前記基準電圧が0Vであることを特徴とする電子放出素子の電子放出方法。

**【請求項14】**

請求項12記載の電子放出素子の電子放出方法において、

前記カソード電極が負極性となる電圧のレベルを制御することによって、前記第2の開始時点から一定時間内に生じる前記電界印加部の分極量を制御し、電子放出量を制御することを特徴とする電子放出素子の電子放出方法。

**【請求項15】**

請求項12～14のいずれか1項に記載の電子放出素子の電子放出方法において、

前記電子放出後に、前記カソード電極とアノード電極間の電圧の微振動で電子放出の持続が発生するように、前記第 2 の期間の開始時点に印加される前記カソード電極が負極性となる電圧のレベルを制御することを特徴とする電子放出素子の電子放出方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電界印加部に形成されたカソード電極とアノード電極とを有する電子放出素子の電子放出方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

近時、電子放出素子は、カソード電極及びアノード電極を有し、フィールドエミッションディスプレイ（F E D）やバックライトのような種々のアプリケーションに適用されている。F E Dに適用する場合、複数の電子放出素子を 2 次元的に配列し、これら電子放出素子に対する複数の蛍光体を、所定の間隔をもってそれぞれ配置するようにしている。

【 0 0 0 3 】

この電子放出素子の従来例としては、例えば特許文献 1 ～ 5 があるが、いずれも電界印加部に誘電体を用いていないため、対向電極間にフォーミング加工もしくは微細加工が必要となったり、電子放出のために高電圧を印加しなければならず、また、パネル製作工程が複雑で製造コストが高くなるという問題がある。

【 0 0 0 4 】

そこで、電界印加部を誘電体で構成することが考えられているが、誘電体からの電子放出として以下の非特許文献 1 ～ 3 にて諸説が述べられているものの、電子の放出原理の確定までには至っておらず、誘電体にて構成された電界印加部を有する電子放出素子での問題を提起するまでには至っていない。

【 0 0 0 5 】

しかも、電界印加部を圧電材料で構成した場合、反強誘電体材料で構成した場合、電歪材料で構成した場合など、材料別での電子放出特性を探索したものはな

い。

【 0 0 0 6 】

【特許文献 1】

特開平 1 - 3 1 1 5 3 3 号公報

【特許文献 2】

特開平 7 - 1 4 7 1 3 1 号公報

【特許文献 3】

特開 2 0 0 0 - 2 8 5 8 0 1 号公報

【特許文献 4】

特公昭 4 6 - 2 0 9 4 4 号公報

【特許文献 5】

特公昭 4 4 - 2 6 1 2 5 号公報

【非特許文献 1】

安岡、石井著「強誘電体陰極を用いたパルス電子源」応用物理第 6 8 巻第 5 号、p 5 4 6 ~ 5 5 0 ( 1 9 9 9 )

【非特許文献 2】

V.F.Puchkarev, G.A.Mesyats, On the mechanism of emission from the ferroelectric ceramic cathode, J.Appl.Phys., vol. 78, No. 9, 1 November, 1995, p. 5633-5637

【非特許文献 3】

H.Riege, Electron emission ferroelectrics - a review, Nucl. Instr. and Meth. A340, p. 80-89(1994)

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、圧電材料にて構成された電界印加部を有する電子放出素子に対して効率的に電子放出を行わせることができ、ディスプレイや光源等への応用を容易にすることができる電子放出素子の電子放出方法を提供することを目的とする。

【 0 0 0 8 】

また、本発明の他の目的は、反強誘電体材料にて構成された電界印加部を有す



る電子放出素子に対して効率的に電子放出を行わせることができ、ディスプレイや光源等への応用を容易にすることができる電子放出素子の電子放出方法を提供することにある。

#### 【0009】

また、本発明の他の目的は、電歪材料にて構成された電界印加部を有する電子放出素子に対して効率的に電子放出を行わせることができ、ディスプレイや光源等への応用を容易にすることができる電子放出素子の電子放出方法を提供することにある。

#### 【0010】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明に係る電子放出素子の電子放出方法は、圧電材料にて構成された電界印加部と、前記電界印加部に接して形成されたカソード電極及びアノード電極とを有する電子放出素子の電子放出方法において、前記電界印加部を一方向に分極させた後、前記電界印加部に高速に抗電界を超える電界を印加して、前記電界印加部に分極反転させることによって電子放出させることを特徴とする。この場合、前記電界印加部に、一定時間内に抗電界を超える電界を印加することによって電子放出させるようにしてもよい。

#### 【0011】

これにより、まず、前記カソード電極とアノード電極間に、電界印加部を一方向に分極させるレベルの電圧を印加し、その後、電界印加部の分極が反転するレベルの電圧を印加することで、カソード電極側の電界集中ポイント（カソード電極／電界印加部／真空の3重点に対応するポイントでもある）から電子が放出されることになる。なお、カソード電極の厚みが極薄（～10nm）である場合には、該カソード電極と電界印加部との界面から電子が放出されることになる。

#### 【0012】

特に、一方向に分極された電界印加部に対して高速に抗電界を超える電界を印加することで、効率よく電子が放出されることになり、ディスプレイや光源等への応用を容易にすることができる。

#### 【0013】

電子放出が行われる電界は、抗電界を超えて分極反転がほぼ完了するレベルであって、これらの電界はほぼ一定である。つまり、デジタル的な電子放出特性となる。また、電子放出が行われる電界は、抗電界に依存するため、抗電界が小さいほど駆動電圧系の低電圧化が可能となる。

#### 【0014】

また、本発明では、第1の期間に、前記カソード電極とアノード電極間に、前記カソード電極が正極性となる電圧（正極性電圧）を印加して前記電界印加部を予め一方向に分極させ、第2の期間に、前記カソード電極とアノード電極間に、前記カソード電極が負極性となる電圧（負極性電圧）を印加して、前記電界印加部を分極反転させることによって電子放出させるようにしてもよい。

#### 【0015】

また、前記負極性電圧のレベルを制御することによって、前記第2の期間の開始時点から一定時間内に、前記電界印加部に抗電界を超える電界を印加するようにしてもよい。この場合、負極性電圧のレベル制御とは、負極性電圧がパルス状であって、かつ、立ち下がりがランプ状であれば、例えば負極性電圧の最大振幅や偏移時間（第2の期間の開始時点から最大振幅に達するまでの時間）を制御することであり、前記負極性電圧が矩形パルスであれば、最大振幅のみを制御することなどである。また、前記一定時間は、小さければ小さいほど電子放出し易いが、好ましくは1 msec以内、より好ましくは10  $\mu$  sec以内である。

#### 【0016】

また、本発明に係る電子放出素子の電子放出方法は、反強誘電体材料にて構成された電界印加部と、前記電界印加部に接して形成されたカソード電極及びアノード電極とを有する電子放出素子の電子放出方法において、前記電界印加部に高速に電界を印加して前記電界印加部を強誘電体に相転移させて、前記電界印加部を分極させることによって電子放出させることを特徴とする。

#### 【0017】

この場合、前記電界印加部に対して、一定時間内に前記電界印加部が強誘電体に相転移し、前記電界印加部を分極させる程度の電界を印加することによって電子放出させるようにしてもよい。

## 【0018】

そして、まず、前記カソード電極とアノード電極間に、例えば電界印加部に分極が行われないレベルの電圧を印加し、その後、前記カソード電極とアノード電極間に、電界印加部に分極が行われるレベルの電圧を印加することで、カソード電極側の電界集中ポイントから電子が放出されることになる。なお、カソード電極の厚みが極薄（～10 nm）である場合には、該カソード電極と電界印加部との界面から電子が放出されることになる。

## 【0019】

特に、前記電界印加部に高速に電界を印加して前記電界印加部を強誘電体に相転移させて、前記電界印加部を分極させることによって、効率よく電子が放出されることになり、ディスプレイや光源等への応用を容易にすることができる。

## 【0020】

電子放出が行われる電界は、分極（あるいは分極反転）がほぼ完了するレベルであって、これらの電界はほぼ一定である。つまり、この場合も、デジタル的な電子放出特性となる。また、電子放出が行われる電界は、電界印加部が強誘電体に相転移する電界（強制相転移電界）に依存するため、該強制相転移電界が小さいほど駆動電圧系の低電圧化が可能となる。

## 【0021】

また、本発明では、第1の期間に、前記カソード電極とアノード電極間に基準電圧を印加し、第2の期間に、前記カソード電極とアノード電極間に高速に、前記カソード電極が負極性となる電圧（負極性電圧）を印加して、前記電界印加部を強誘電体に相転移させて、前記電界印加部を分極させることによって電子放出させるようにしてもよい。

## 【0022】

この場合、前記基準電圧を0 Vとすることで、第1の期間において、電界印加部は分極がリセットされた状態となることから、第2の期間においては、片側極性駆動（負極性への駆動）で電子放出が可能となる。これは、駆動回路系の簡略化につながり、低消費電力やコストの低廉化並びに構造の小型化において有利となる。

**【 0 0 2 3 】**

また、前記負極性電圧のレベルを制御することによって、前記第 2 の期間の開始時点から一定時間内に前記電界印加部を強誘電体に相転移させて、前記電界印加部を分極させる程度の電界を印加するようにしてもよい。

**【 0 0 2 4 】**

この場合、負極性電圧のレベル制御とは、負極性電圧がパルス状であって、かつ、立ち下がりがランプ状であれば、例えば負極性電圧の最大振幅や偏移時間を制御することであり、前記負極性電圧が矩形パルスであれば、最大振幅のみを制御することなどである。また、一定時間としては、好ましくは 1 0 m s e c 以内、より好ましくは 1 0  $\mu$  s e c 以内である。

**【 0 0 2 5 】**

また、前記第 2 の期間に、前記カソード電極とアノード電極間の電圧が電子放出に必要なレベルに達する動作と、電子放出時の前記カソード電極とアノード電極間の電圧降下レベルが前記電界印加部の分極をリセットするしきい値レベルに達する動作とからなる一連のサイクルが連続して発生するように、前記第 2 の期間の開始時点に印加される前記負極性電圧のレベルを制御するようにしてもよい。

**【 0 0 2 6 】**

反強誘電体材料が相転移によって強誘電体になった場合においては、電子放出される電圧レベルと分極がリセットされる電圧レベル（しきい値レベル）との電位差が小さい。従って、一旦、電子が放出されて、カソード電極とアノード電極間の電圧が降下すると、電界印加部の分極が容易にリセットされ、疑似的に第 1 の期間での状態（基準電圧が印加された状態）になる。

**【 0 0 2 7 】**

しかし、この第 2 の期間では、カソード電極に負極性電圧が印加されていることから、急速にカソード電極とアノード電極間の電圧が電子放出に必要なレベルに達し、電子放出がなされることになる。

**【 0 0 2 8 】**

従って、第 2 の期間に印加される負極性電圧のレベルを制御することによって

、上述した一連の動作が連続して行われるようになる。

#### 【0 0 2 9】

また、本発明に係る電子放出素子の電子放出方法は、電歪材料にて構成された電界印加部と、前記電界印加部に接して形成されたカソード電極及びアノード電極とを有する電子放出素子の電子放出方法において、前記電界印加部に電界を印加して前記電界印加部での分極量を制御することによって電子放出させることを特徴とする。

#### 【0 0 3 0】

これにより、まず、前記カソード電極とアノード電極間に、例えば電界印加部に分極が行われないレベルの電圧を印加し、その後、前記カソード電極とアノード電極間に、電界印加部に分極が行われるレベルの電圧を印加することで、カソード電極側の電界集中ポイントから電子が放出されることになる。なお、カソード電極の厚みが極薄（～10 nm）である場合には、該カソード電極と電界印加部との界面から電子が放出されることになる。

#### 【0 0 3 1】

この場合、電界印加部での分極が電界の変化に応じて散漫的に起こるため、単位時間当たりの分極量が多いほど（一定時間内での電界の変化が大きいほど）、電子放出量が多くなる。

#### 【0 0 3 2】

電子放出量は、電界の強さにも関連はするが、どちらかというところ、単位時間当たりの電界の強さの変化量に依存し、その変化量が大きければ、電界が低くても電子の放出量は多くなる。つまり、アナログ的な電子放出特性となる。また、上述したように、単位時間当たりの電界の強さの変化量（単位時間当たりの分極の変化率）が大きいほど、電界の強さを低くすることができるため、駆動電圧系の低電圧化が可能となる。

#### 【0 0 3 3】

このように、前記電界印加部に印加される電界の時間当たりの変化量を制御すること、即ち、前記電界印加部での分極量を制御することで、効率よく電子を放出することができることから、ディスプレイや光源等への応用を容易にすること

ができる。

#### 【0034】

そして、この発明において、第1の期間に、前記カソード電極とアノード電極間に基準電圧を印加し、第2の期間に、前記カソード電極とアノード電極間に、前記カソード電極が負極性となる電圧（負極性電圧）を印加して、前記電界印加部を分極させることによって電子放出させるようにしてもよい。

#### 【0035】

この場合、前記基準電圧を0Vとすることで、電界印加部は、第1の期間において分極がリセットされた状態となることから、第2の期間においては、片側極性駆動（負極性への駆動）で電子放出が可能となる。これは、駆動回路系の簡略化につながり、低消費電力やコストの低廉化並びに構造の小型化において有利となる。

#### 【0036】

また、前記負極性電圧のレベルを制御することによって、前記第2の開始時点から一定時間内に生じる前記電界印加部の分極量を制御し、電子放出量を制御するようにしてもよい。

#### 【0037】

この場合、負極性電圧のレベル制御とは、負極性電圧がパルス状であって、かつ、立ち下がりがランプ状であれば、例えば負極性電圧の最大振幅や偏移時間を制御することであり、前記負極性電圧が矩形パルスであれば、最大振幅のみを制御することなどである。また、一定時間としては、好ましくは10 msec 以内、より好ましくは10  $\mu$ sec 以内である。

#### 【0038】

また、前記電子放出後に、前記カソード電極とアノード電極間の電圧の微振動で電子放出の持続が発生するように、前記第2の期間の開始時点に印加される前記負極性電圧のレベルを制御するようにしてもよい。

#### 【0039】

電歪材料の分極は、電界の変化に応じて散漫的に起こるため、上述したように、単位時間当たりの分極量が多いほど（一定時間内での電界の変化が大きいほど

）、電子放出量が多くなる。また、電子放出される電圧レベルと分極がリセットされる電圧レベル（しきい値レベル）との電位差が小さい。

#### 【0040】

従って、一旦、電子が放出されて、カソード電極とアノード電極間の電圧が降下すると、電界印加部の分極が容易にリセットされ、疑似的に第1の期間での状態（基準電圧が印加された状態）になる。

#### 【0041】

しかし、この第2の期間では、カソード電極に負極性電圧が印加されていることから、急速にカソード電極とアノード電極間の電圧が大きくなり、再び分極が行われていく。このとき、分極の変化が急速に進むため、最初の電子放出の際の電圧よりも低い電圧で電子放出が行われる。

#### 【0042】

2度目の電子放出が行われて、カソード電極とアノード電極間の電圧が降下すると、再び電界印加部の分極が容易にリセットされ、その後、カソード電極への負極性電圧の持続印加によって、カソード電極とアノード電極間の電圧が再度大きくなり、分極が行われていく。この場合も分極の変化が急速に進むため、2度目の電子放出の際の電圧とほぼ同じ電圧で電子放出が行われる。

#### 【0043】

つまり、第2の期間に印加される負極電圧のレベルを制御することによって、前記カソード電極とアノード電極間の電圧が微振動することとなり、この微振動によって電子放出の持続化が可能となる。

#### 【0044】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る電子放出素子の電子放出方法の実施の形態例を図1～図12を参照しながら説明する。

#### 【0045】

一般に、電子放出素子は、ディスプレイとしての用途のほか、電子線照射装置、光源、LEDの代替用途、電子部品製造装置に適用することができる。

#### 【0046】

電子線照射装置における電子線は、現在普及している紫外線照射装置における紫外線に比べ、高エネルギーで吸収性能に優れる。適用例としては、半導体装置では、ウェハーを重ねる際における絶縁膜の固化する用途、印刷の乾燥では、印刷インキをむらなく硬化する用途、殺菌では、医療機器をパッケージに入れたまま殺菌する用途等がある。

#### 【0047】

光源としての用途は、高輝度、高効率仕様向けであって、例えばプロジェクタの光源用途等がある。

#### 【0048】

LEDの代替用途としては、チップ光源、信号機、携帯電話向けの小型液晶ディスプレイのバックライト等がある。

#### 【0049】

電子部品製造装置の用途としては、電子ビーム蒸着装置等の成膜装置の電子ビーム源、プラズマCVD装置におけるプラズマ生成用（ガス等の活性化用）電子源、ガス分解用途の電子源などがある。

#### 【0050】

真空マイクロデバイスとしては、テラHz級で駆動する超高速素子、使用温度範囲の広い耐環境電子部品として注目されている。

#### 【0051】

電子回路部品としては、大電流出力化、高増幅率化が可能であることから、スイッチ、リレー、ダイオード等のデジタル素子、オペアンプ等のアナログ素子への用途がある。

#### 【0052】

そして、本実施の形態に係る電子放出素子10は、図1に示すように、基板12上に形成された電界印加部14と、該電界印加部14の一方の面に形成されたカソード電極16と、同じく電界印加部14の一方の面に形成され、カソード電極16と共にスリット18を形成するアノード電極20とを有する。カソード電極16には、パルス発生源22からの駆動信号S<sub>a</sub>が抵抗R1を介して供給され、アノード電極20には、アノード電位の発生源（この例ではGND）が抵抗R



2を介して接続されている。

#### 【0053】

そして、この電子放出素子10をディスプレイの画素として利用する場合は、電界印加部14の上方のうち、前記スリット18に対向した位置にコレクタ電極24が配置され、該コレクタ電極24には蛍光体28が塗布される。なお、コレクタ電極24にはコレクタ電位の発生源102（この例ではVc）が抵抗R3を介して接続される。

#### 【0054】

また、本実施の形態に係る電子放出素子10は、当然のことながら、真空空間内に配置される。この電子放出素子10は、図1に示すように、電界集中ポイントA及びBが存在するが、ポイントAは、カソード電極16／電界印加部14／真空が1つのポイントに存在する3重点を含むポイントとしても定義することができ、ポイントBは、アノード電極20／電界印加部14／真空が1つのポイントに存在する3重点を含むポイントとしても定義することができる。

#### 【0055】

そして、雰囲気中の真空度は、 $10^2 \sim 10^{-6}$  Paが好ましく、より好ましくは $10^{-3} \sim 10^{-5}$  Paである。

#### 【0056】

このような範囲を選んだ理由は、低真空では、空間内に気体分子が多いため、プラズマを生成し易いが、①：プラズマが多量に発生され過ぎると、その正イオンが多量にカソード電極16に衝突して損傷を進めるおそれや、②：放出電子がコレクタ電極24に到達する前に気体分子に衝突してしまい、コレクタ電位（Vss）で十分に加速した電子による蛍光体28の励起が十分に行われなくなるおそれがあるからである。

#### 【0057】

一方、高真空では、電界集中ポイントA及びBから電子を放出し易いものの、①：気体分子が少なすぎてプラズマが生成され難いという問題や、②：構造体の支持、及び真空のシール部が大きくなり、小型化に不利になるという問題があるからである。

## 【0058】

ここで、電界印加部 14 は誘電体にて構成される。誘電体は、好適には、比誘電率が比較的高い、例えば 1000 以上の誘電体を採用することができる。このような誘電体としては、チタン酸バリウム他に、ジルコン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛、ニッケルニオブ酸鉛、亜鉛ニオブ酸鉛、マンガンニオブ酸鉛、マグネシウムタンタル酸鉛、ニッケルタンタル酸鉛、アンチモンスズ酸鉛、チタン酸鉛、チタン酸バリウム、マグネシウムタングステン酸鉛、コバルトニオブ酸鉛等、又はこれらの任意の組み合わせを含有するセラミックスや、主成分がこれらの化合物を 50 重量%以上含有するものや、前記セラミックスに対して更にランタン、カルシウム、ストロンチウム、モリブデン、タングステン、バリウム、ニオブ、亜鉛、ニッケル、マンガン等の酸化物、もしくはこれらのいずれかの組み合わせ、又は他の化合物を適切に添加したもの等を挙げることができる。

## 【0059】

例えば、マグネシウムニオブ酸鉛 (PMN) とチタン酸鉛 (PT) の 2 成分系  $n\text{PMN}-m\text{PT}$  ( $n, m$  をモル数比とする) においては、PMN のモル数比を大きくすると、キュリー点が下げられて、室温での比誘電率を大きくすることができる。

## 【0060】

特に、 $n=0.85\sim 1.0$ 、 $m=1.0-n$  では比誘電率 3000 以上となり好ましい。例えば、 $n=0.91$ 、 $m=0.09$  では室温の比誘電率 15000 が得られ、 $n=0.95$ 、 $m=0.05$  では室温の比誘電率 20000 が得られる。

## 【0061】

次に、マグネシウムニオブ酸鉛 (PMN)、チタン酸鉛 (PT)、ジルコン酸鉛 (PZ) の 3 成分系では、PMN のモル数比を大きくする他に、正方晶と擬立方晶又は正方晶と菱面体晶のモルフォトロピック相境界 (MPB: Morphotropic Phase Boundary) 付近の組成とすることが比誘電率を大きくするのに好ましい。例えば、 $\text{PMN}:\text{PT}:\text{PZ}=0.375:0.375:0.25$  にて比誘電率 5500、 $\text{PMN}:\text{PT}:\text{PZ}=0.5:0.375:0.125$  にて比誘電

率 4500 となり、特に好ましい。更に、絶縁性が確保できる範囲内でこれらの誘電体に白金のような金属を混入して、誘電率を向上させるのが好ましい。この場合、例えば、誘電体に白金を重量比で 20% 混入させるとよい。

#### 【0062】

また、電界印加部 14 は、上述したように、圧電／電歪層や反強誘電体層等を用いることができるが、電界印加部 14 として圧電／電歪層を用いる場合、該圧電／電歪層としては、例えば、ジルコン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛、ニッケルニオブ酸鉛、亜鉛ニオブ酸鉛、マンガンニオブ酸鉛、マグネシウムタンタル酸鉛、ニッケルタンタル酸鉛、アンチモンスズ酸鉛、チタン酸鉛、チタン酸バリウム、マグネシウムタングステン酸鉛、コバルトニオブ酸鉛等、又はこれらのいずれかの組み合わせを含有するセラミックスが挙げられる。

#### 【0063】

主成分がこれらの化合物を 50 重量%以上含有するものであってもよいことはいうまでもない。また、前記セラミックスのうち、ジルコン酸鉛を含有するセラミックスは、電界印加部 14 を構成する圧電／電歪層の構成材料として最も使用頻度が高い。

#### 【0064】

また、圧電／電歪層をセラミックスにて構成する場合、前記セラミックスに、更に、ランタン、カルシウム、ストロンチウム、モリブデン、タングステン、バリウム、ニオブ、亜鉛、ニッケル、マンガン等の酸化物、もしくはこれらのいずれかの組み合わせ、又は他の化合物を、適宜、添加したセラミックスを用いてもよい。

#### 【0065】

例えば、マグネシウムニオブ酸鉛とジルコン酸鉛及びチタン酸鉛とからなる成分を主成分とし、更にランタンやストロンチウムを含有するセラミックスを用いることが好ましい。

#### 【0066】

圧電／電歪層は、緻密であっても、多孔質であってもよく、多孔質の場合、その気孔率は 40% 以下であることが好ましい。

## 【0067】

電界印加部 14 として反強誘電体層を用いる場合、該反強誘電体層としては、ジルコン酸鉛を主成分とするもの、ジルコン酸鉛とスズ酸鉛とからなる成分を主成分とするもの、更にはジルコン酸鉛に酸化ランタンを添加したもの、ジルコン酸鉛とスズ酸鉛とからなる成分に対してジルコン酸鉛やニオブ酸鉛を添加したものが望ましい。

## 【0068】

また、この反強誘電体膜は、多孔質であってもよく、多孔質の場合には気孔率 30% 以下であることが望ましい。

## 【0069】

そして、基板 12 の上に電界印加部 14 を形成する方法としては、スクリーン印刷法、ディッピング法、塗布法、電気泳動法等の各種厚膜形成法や、イオンビーム法、スパッタリング法、真空蒸着法、イオンプレーティング法、化学気相蒸着法 (CVD)、めっき等の各種薄膜形成法を用いることができる。

## 【0070】

この実施の形態においては、基板 12 上に前記電界印加部 14 を形成するにあたっては、スクリーン印刷法やディッピング法、塗布法、電気泳動法等による厚膜形成法が好適に採用される。

## 【0071】

これらの方法は、平均粒径 0.01 ~ 5  $\mu\text{m}$ 、好ましくは 0.05 ~ 3  $\mu\text{m}$  の圧電セラミックスの粒子を主成分とするペーストやスラリー、又はサスペンション、エマルジョン、ゾル等を用いて形成することができ、良好な圧電作動特性が得られるからである。

## 【0072】

特に、電気泳動法は、膜を高い密度で、かつ、高い形状精度で形成することができることをはじめ、「電気化学および工業物理化学 Vol. 53, No. 1 (1985), p 63 ~ 68 安斎和夫著」あるいは「第 1 回電気泳動法によるセラミックスの高次成形法 研究討論会 予稿集 (1998), p 5 ~ 6, p 23 ~ 24」等の技術文献に記載されるような特徴を有する。従って、要求精度や

信頼性等を考慮して、適宜、方法を選択して用いるとよい。

#### 【0073】

ここで、カソード電極16とアノード電極20間のスリット18の幅dの大きさについて説明すると、両電極16及び20間の印加電圧をVとしたとき、 $E = V/d$ で表される電界Eで分極反転が行われるように、前記幅dを設定することが好ましい。つまり、スリット18の幅dが小さいほど、低電圧で分極反転が可能となり、低電圧駆動（例えば100V未満）で電子放出が可能となる。

#### 【0074】

カソード電極16は、以下に示す材料にて構成される。即ち、スパッタ率が小さく、真空中での蒸発温度が大きい導体が好ましい。例えば、 $Ar^+$ で600Vにおけるスパッタ率が2.0以下で、蒸気圧 $1.3 \times 10^{-3} Pa$ となる温度が1800K以上のものが好ましく、白金、モリブデン、タングステン等がこれにあたる。また、高温酸化雰囲気に対して耐性を有する導体、例えば金属単体、合金、絶縁性セラミックスと金属単体との混合物、絶縁性セラミックスと合金との混合物等によって構成され、好適には、白金、パラジウム、ロジウム、モリブデン等の高融点貴金属や、銀-パラジウム、銀-白金、白金-パラジウム等の合金を主成分とするものや、白金とセラミック材料とのサーメット材料によって構成される。更に好適には、白金のみ又は白金系の合金を主成分とする材料によって構成される。また、電極として、カーボン、グラファイト系の材料、例えば、ダイヤモンド薄膜、ダイヤモンドライクカーボン、カーボンナノチューブも好適に使用される。なお、電極材料中に添加させるセラミック材料の割合は、5～30体積%程度が好適である。

#### 【0075】

カソード電極16は、上記材料を用いて、スクリーン印刷、スプレー、コーティング、ディッピング、塗布、電気泳動法等の各種の厚膜形成方法や、スパッタリング、イオンビーム、真空蒸着、イオンプレーティング、CVD、めっき等の各種の薄膜形成方法による通常の膜形成方法に従って形成することができ、好適には、前者の厚膜形成方法によって形成するとよい。なお、カソード電極16の寸法については、図2に示すように、幅W1を2mmとし、長さL1を5mmと

した。カソード電極 16 の厚さは、 $20\ \mu\text{m}$ 以下がよく、好適には  $5\ \mu\text{m}$ 以下である。

#### 【0076】

アノード電極 20 は、カソード電極 16 と同様な材料及び方法によって形成されるが、好適には上記厚膜形成方法によって形成する。アノード電極 20 の厚さも、 $20\ \mu\text{m}$ 以下がよく、好適には  $5\ \mu\text{m}$ 以下であるとよい。また、アノード電極 20 の寸法については、図 2 に示すように、カソード電極 16 と同様に幅  $W2$  を  $2\text{mm}$ とし、長さ  $L2$  を  $5\text{mm}$ とした。

#### 【0077】

また、カソード電極とアノード電極間のスリットの幅  $d$  は、本実施の形態では、 $70\ \mu\text{m}$ とした。

#### 【0078】

カソード電極 16 に電氣的に接続した配線と、アノード電極 20 に電氣的に接続した配線とを電氣的に分離するために、基板 12 を電氣的な絶縁材料で構成するのが好ましい。

#### 【0079】

従って、基板 12 を、ガラス、又は高耐熱性の金属、あるいはその金属表面をガラスなどのセラミックス材料によって被覆したホーローのような材料によって構成することができるが、セラミックスで構成するのが最適である。

#### 【0080】

基板 12 を構成するセラミックスとしては、例えば、安定化された酸化ジルコニウム、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化チタン、スピネル、ムライト、窒化アルミニウム、窒化珪素、ガラス、これらの混合物等を使用することができる。その中でも、酸化アルミニウム及び安定化された酸化ジルコニウムが、強度及び剛性の観点から好ましい。安定化された酸化ジルコニウムは、機械的強度が比較的高いこと、靱性が比較的高いこと、カソード電極 16 及びアノード電極 20 との化学反応が比較的小さいことなどの観点から特に好適である。なお、安定化された酸化ジルコニウムとは、安定化酸化ジルコニウム及び部分安定化酸化ジルコニウムを包含する。安定化された酸化ジルコニウムでは、立方晶などの

結晶構造をとるため、相転移が生じない。

#### 【0081】

一方、酸化ジルコニウムは、1000℃前後で単斜晶と正方晶との間を相転移し、このような相転移の際にクラックが発生するおそれがある。安定化された酸化ジルコニウムは、酸化カルシウム、酸化マグネシウム、酸化イットリウム、酸化スカンジウム、酸化イッテルビウム、酸化セリウム、希土類金属の酸化物等の安定剤を、1～30モル%含有する。なお、基板12の機械的強度を向上させるために、安定化剤が酸化イットリウムを含有すると好適である。この場合、酸化イットリウムを、好適には1.5～6モル%、更に好適には2～4モル%含有し、更に0.1～5モル%の酸化アルミニウムを含有することが好ましい。

#### 【0082】

また、結晶相を、立方晶+単斜晶の混合相、正方晶+単斜晶の混合相、立方晶+正方晶+単斜晶の混合相等とすることができるが、その中でも、主たる結晶相を、正方晶又は正方晶+立方晶の混合相としたものが、強度、靱性及び耐久性の観点から最適である。

#### 【0083】

基板12をセラミックスから構成した場合、比較的多数の結晶粒が基板12を構成するが、基板12の機械的強度を向上させるためには、結晶粒の平均粒径を、好適には0.05～2 $\mu$ mとし、更に好適には0.1～1 $\mu$ mとするとよい。

#### 【0084】

電界印加部14、カソード電極16及びアノード電極20をそれぞれ形成するたびに熱処理（焼成処理）して基板12と一体構造にすることができ、また、これら電界印加部14、カソード電極16及びアノード電極20を形成した後、同時に焼成処理して、これらを同時に基板12に一体に結合することもできる。なお、カソード電極16及びアノード電極20の形成方法によっては、一体化のための熱処理（焼成処理）を必要としない場合もある。

#### 【0085】

基板12と、電界印加部14、カソード電極16及びアノード電極20とを一体化させるための焼成処理に係る温度としては、500～1400℃の範囲、好

適には、1000～1400℃の範囲とするとよい。更に、膜状の電界印加部14を熱処理する場合、高温時に電界印加部14の組成が不安定にならないように、電界印加部14の蒸発源と共に雰囲気制御を行いながら焼成処理を行うことが好ましい。

#### 【0086】

また、電界印加部14を適切な部材によって被覆し、電界印加部14の表面が焼成雰囲気に直接露出しないようにして焼成する方法を採用してもよい。この場合、被覆部材としては、基板12と同様な材料を用いることが好ましい。

#### 【0087】

次に、電子放出素子10の電子放出原理について図1～図5Bを参照しながら説明する。まず、パルス発生源22から出力される駆動信号S<sub>a</sub>は、図3に示すように、正極性の電圧V<sub>a1</sub>（又は基準電圧）が出力される期間（準備期間T<sub>1</sub>）と負極性の電圧V<sub>a2</sub>が出力される期間（電子放出期間T<sub>2</sub>）を1ステップとし、該1ステップが繰り返される。つまり、駆動信号は、準備期間において正極性電圧、電子放出期間において負極性電圧の矩形パルスとなっている。

#### 【0088】

準備期間T<sub>1</sub>は、図4に示すように、カソード電極16に正極性の電圧V<sub>a1</sub>を印加して電界印加部14を分極する期間である。正極性の電圧V<sub>a1</sub>としては、図3のように直流電圧でもよいが、1つのパルス電圧もしくはパルス電圧を複数回連続印加するようにしてもよい。

#### 【0089】

また、正極性電圧V<sub>a1</sub>及び負極性電圧V<sub>a2</sub>は、各々正負の極性に分極処理を確実に行う電圧レベルであることが好ましく、例えば電界印加部14の誘電体が抗電圧を有する場合、正極性電圧V<sub>a1</sub>及び負極性電圧V<sub>a2</sub>の絶対値は、抗電圧以上であることが好ましい。

#### 【0090】

電子放出期間T<sub>2</sub>は、カソード電極16に負極性の電圧が印加される期間である。カソード電極16に負極性の電圧V<sub>a2</sub>が印加されることによって、図5A及び図5Bに示すように、電界印加部14の分極が反転し、電界集中ポイントA



から電子が放出されることになる。なお、カソード電極 16 の厚みが極薄（～10 nm）である場合には、該カソード電極 16 と電界印加部 14 との界面から電子が放出されることになる。

#### 【0091】

即ち、分極が反転された電界印加部 14 のうち、負極性の電圧  $V_{a2}$  が印加されているカソード電極 16 との界面に帯電する双極子モーメントの変化が放出電子を引き出すこととなる。この引き出される電子としては、カソード電極 16 とその近傍の双極子モーメントのプラス側とで局所的な集中電界が発生することにより、カソード電極 16 から放出される 1 次電子と、それが電界印加部 14 に衝突することで、該電界印加部 14 から放出される 2 次電子とが考えられる。この電子放出期間  $T_2$  としては  $1 \sim 10 \mu\text{sec}$  が好ましい。

#### 【0092】

放出された電子のうち、一部の電子はコレクタ電極 24（図 1 参照）に導かれて蛍光体 28 を励起し、外部に蛍光体発光として具現されることになる。他の一部の電子は、アノード電極 20 に引かれる。

#### 【0093】

アノード電極 20 に引かれた電子は、図 5 A に示すように、主にアノード電極 20 近傍に存在する気体又はアノード電極 20 の近傍において蒸散して浮遊する電極原子等を正イオンと電子に電離する。この電離によって発生した電子が更に気体や電極原子等を電離するため、ねずみ算式に電子が増え、これが進行して電子と正イオンが中性的に存在すると局所プラズマ 32 となる。

#### 【0094】

また、アノード電極 20 に引かれた電子は、図 5 B に示すように、電界印加部 14 に衝突して電界印加部から 2 次電子が放出され、上述と同様に、一部の 2 次電子はコレクタ電極 24（図 1 参照）に導かれて蛍光体 28 を励起し、他の一部の 2 次電子は、アノード電極 20 に引かれる。アノード電極 20 の近傍に存在する気体又はアノード電極 20 の近傍において蒸散して浮遊する電極原子等を正イオンと電子に電離する。

#### 【0095】

次に、本実施の形態に係る電子放出素子 10 の 3 つの具体例について説明する。

#### 【0096】

第 1 の具体例に係る電子放出素子 10 a は、電界印加部 14 の構成材料を圧電材料としている。それ以外の構成は、上述した本実施の形態に係る電子放出素子 10 と同様である。

#### 【0097】

ここで、第 1 の具体例に係る電子放出素子 10 a の電子放出方法について説明する。

#### 【0098】

まず、電界印加部 14 の構成材料である圧電材料の分極－電界特性は、図 6 に示すように、電界  $E = 0$  (V/mm) を基準としたヒステリシス曲線を描く。

#### 【0099】

そして、このヒステリシス曲線のうち、ポイント p1～p2～p3 までの曲線に注目すると、圧電材料は、正極性の電界が印加されるポイント p1 にて、ほとんどが一方向に分極される。その後、負極性の電界を印加すると、抗電界（約  $-700$  V/mm）のポイント p2 を超えたあたりから分極が反転しはじめ、ポイント p3 にて全ての分極が反転することになる。

#### 【0100】

従って、この第 1 の具体例では、図 7 に示すように、まず、準備期間 T1 において、カソード電極 16 に正極性電圧  $V_{a1}$  を印加して、電界印加部 14 に対して正極性の電界（約  $1000$  V/mm）を印加する。このとき、図 6 の分極－電界特性からもわかるように、電界印加部 14 は一方向に分極されることになる。

#### 【0101】

その後、図 7 の電子放出期間 T2 において、カソード電極 16 に負極性電圧  $V_{a2}$  を印加して、電界印加部 14 に対して高速に抗電界を超える電界（例えば約  $-1000$  V/mm）を印加すると、図 6 に示す前記ポイント p3 に至る前のポイント p4 にて電子の放出が行われる。これは、図 7 に示すように、電子放出期間 T2 の開始時点から一定時間  $t_{c1}$ （ここでは、 $10 \mu\text{sec}$  以内）における

カソード電極 16 及びアノード電極 20 間の電圧  $V_{ak}$  のピーク時点 P1 において、わずかな電圧降下がみられ、このピーク時 P1 に電子放出が行われていることがわかる。つまり、このピーク時点 P1 において、コレクタ電極 24 に急速に電流（コレクタ電流  $I_c$ ）が流れており、これは、放出電子がコレクタ電極 24 にて捕獲されたことを示している。

#### 【0102】

このように、カソード電極 16 に負極性電圧  $V_{a2}$  が供給されることによって、上述したように、前記電界集中ポイント A あるいはカソード電極 16 と電界印加部 14 との界面から電子が放出されることになる。

#### 【0103】

電子放出後、カソード電極 16 とアノード電極 20 間の電圧  $V_{ak}$  は、カソード電極 16 に印加されている負極性電圧  $V_{a2}$  に引かれて、再び大きくなるが、上述した電子放出時の電圧降下がわずかであったため（電圧降下レベルは 20 V 程度）、電子放出までには至らず、最初の電子放出のみで終了となる。

#### 【0104】

このように、第 1 の具体例に係る電子放出素子 10a の電子放出方法においては、一方向に分極された電界印加部 14 に対して高速に抗電界を超える電界を印加することで、効率よく電子が放出されることになり、ディスプレイや光源等への応用を容易にすることができる。

#### 【0105】

電子放出が行われる電界（ポイント p4 における電界）は、抗電界を超えて分極反転がほぼ完了する電界であって、これらの電界はほぼ一定である。つまり、デジタル的な電子放出特性となる。また、この電子放出が行われる電界は、抗電界に依存するため、抗電界が小さいほど駆動電圧系の低電圧化が可能となる。

#### 【0106】

また、この電子放出方法では、カソード電極 16 に印加される負極性電圧  $V_{a2}$  のレベルを制御することによって、電子放出期間 T2 の開始時点から一定時間  $t_{c1}$  内、例えば  $10 \mu\text{sec}$  以内に、電界印加部 14 に抗電界を超える電界を印加することが可能となる。

## 【0107】

この場合、負極性電圧  $V_{a2}$  のレベル制御は、負極性電圧  $V_{a2}$  がパルス状であって、図 8 A に示すように、矩形パルスであれば、最大振幅 ( $=V_{a2}$ ) のみを制御し、図 8 B に示すように、立ち下がりがランプ状のパルスであれば、例えば負極性電圧  $V_{a2}$  の最大振幅 ( $=V_{a2}$ ) や偏移時間  $t_a$  (電子放出期間  $T_2$  の開始時点から最大振幅に達するまでの時間) を制御することなどが挙げられる。

## 【0108】

なお、第 1 の具体例に係る電子放出素子 10 a において、連続した電子放出を実現するためには、駆動信号  $S_a$  として、正負の交番パルスを有する信号を採用することによって容易に実現させることができる。

## 【0109】

次に、第 2 の具体例に係る電子放出素子 10 b について説明する。この第 2 の具体例に係る電子放出素子 10 b は、電界印加部 14 の構成材料を反強誘電体材料としている点以外は、上述した本実施の形態に係る電子放出素子 10 の構成と同様である。

## 【0110】

ここで、第 2 の具体例に係る電子放出素子 10 b の電子放出方法について説明する。

## 【0111】

まず、電界印加部 14 の構成材料である反強誘電体材料の分極－電界特性は、図 9 に示すように、低い電界下では電圧に比例した誘起分極だけが観察されるが、ある電界を超えると強誘電体となり (電界誘起強制相転移)、電界の上下に対して分極のヒステリシスが現れる。しかし、再び電界を取り除くと元の常誘電体 (分極がリセットされた状態) に戻る。

## 【0112】

そして、このヒステリシス曲線のうち、ポイント  $p_{11} \sim p_{12} \sim p_{13}$  までの曲線に注目すると、反強誘電体材料は、電界が 0 のポイント  $p_{11}$  では常誘電体であって、分極がリセットされた状態となっている。その後、負極性の電界を

印加すると、電界印加部 14 が強誘電体に相転移し、電界（約  $-2300\text{ V/m}$ ）のポイント p 12 を超えたあたりから分極が行われはじめ、ポイント p 13 にて一方向に分極が行われることになる。

#### 【0113】

従って、この第 2 の具体例では、図 10 に示すように、まず、準備期間 T 1 において、カソード電極 16 に基準電圧（0 V）を印加して、電界印加部 14 に対して電界をかけない状態にする。このとき、分極－電界特性からもわかるように、電界印加部 14 は分極がリセットされた状態となる。

#### 【0114】

その後、電子放出期間 T 2 において、カソード電極 16 に負極性電圧  $V_{a2}$  を印加して、電界印加部 14 に対して高速に電界（例えば約  $-2700\text{ V/mm}$ ）を印加することによって電界印加部 14 を分極させると、図 9 のポイント p 13 に至る前のポイント p 14 にて電子の放出が行われる。

#### 【0115】

これは、図 10 に示すように、電子放出期間 T 2 の開始時点から一定時間  $t_c$  2（この場合、 $10\text{ }\mu\text{sec}$ ）以内におけるカソード電極 16 及びアノード電極 20 間の電圧  $V_{ak}$  のピーク時点 P 1 において、電圧降下が見られ、このピーク時 P 1 に電子放出が行われていることがわかる。つまり、このピーク時点 P 1 において、コレクタ電極 24 に急速に電流（コレクタ電流  $I_c$ ）が流れており、これは、放出電子がコレクタ電極 24 にて捕獲されたことを示している。

#### 【0116】

ところで、反強誘電体材料が相転移によって強誘電体になった場合においては、電子放出される電界（ポイント p 14 における電界）と分極がリセットされる電界（ポイント p 12 における電界）との差が小さい。従って、一旦、電子が放出されて、カソード電極 16 とアノード電極 20 間の電圧が降下すると、電界印加部 14 の分極が容易にリセットされ、疑似的に準備期間 T 1 での状態（基準電圧が印加された状態）になる。

#### 【0117】

しかし、この電子放出期間 T 2 では、カソード電極 16 に負極性電圧  $V_{a2}$  が

印加されていることから、急速にカソード電極 16 とアノード電極 20 間の電圧  $V_{ak}$  が電子放出に必要なレベルに達し、再び電子放出がなされることになる。

#### 【0118】

従って、この電子放出期間において負極性電圧  $V_{a2}$  を印加しつづけることによって、上述した一連の動作が連続して行われるようになり、負極性電圧  $V_{a2}$  のレベルを制御することによって、連続回数を制御することも可能となる。図 10 の例では、電子放出を 4 回連続して行った場合を示す。

#### 【0119】

このように、第 2 の具体例に係る電子放出素子 10b の電子放出方法においては、電界印加部 14 に高速に電界を印加して、電界印加部 14 を強誘電体に相転移させて、電界印加部 14 を分極させることにより、効率よく電子が放出されることになり、ディスプレイや光源等への応用を容易にすることができる。

#### 【0120】

また、電子放出が行われる電界（ポイント p 14 における電界）は、分極（あるいは分極反転）がほぼ完了する電界であって、これらの電界はほぼ一定である。つまり、デジタル的な電子放出特性となる。また、この電子放出が行われる電界は、電界印加部が強誘電体に相転移する電界（強制相転移電界）に依存するため、該強制相転移電界が小さいほど駆動電圧系の低電圧化が可能となる。

#### 【0121】

また、この電子放出方法では、準備期間  $T_1$  に印加される基準電圧を 0 V としたので、準備期間  $T_1$  における電界印加部 14 は、分極がリセットされた状態となる。従って、電子放出期間  $T_2$  においては、片側極性駆動（負極性への駆動）のみで電子放出が可能となる。これは、駆動回路系の簡略化につながり、低消費電力やコストの低廉化並びに構造の小型化において有利となる。

#### 【0122】

また、カソード電極 16 に印加される負極性電圧  $V_{a2}$  のレベルを制御（最大振幅や偏移時間  $t_a$  を制御）することによって、電子放出期間  $T_2$  の開始時点から一定時間  $t_{c2}$  内、例えば  $10 \mu\text{sec}$  以内に、電界印加部 14 を強誘電体に相転移させて、電界印加部 14 を分極させる程度の電界を印加することが可能と

なる。

#### 【0123】

次に、第3の具体例に係る電子放出素子10cについて説明する。この第3の具体例に係る電子放出素子10cは、電界印加部14の構成材料を電歪材料としている点以外は、上述した本実施の形態に係る電子放出素子10の構成と同様である。

#### 【0124】

ここで、第3の具体例に係る電子放出素子10cの電子放出方法について説明する。まず、電界印加部14の構成材料である電歪材料の分極－電界特性は、図11に示すように、電界にほぼ比例した量の分極が行われ、特に、低い電界での分極の変化率が高い電界での分極の変化よりも大きくなっている。いずれにしても、電界印加部14での分極が電界の変化に応じて散漫的に起こることがわかる。なお、電界を取り除くと分極がリセットされた状態になる。

#### 【0125】

そして、このヒステリシス曲線のうち、ポイントp21～p22までの曲線に注目すると、電歪材料は、電界が0のポイントp21では分極がリセットされた状態となっている。その後、負極性の電界を印加すると、その印加電界に応じた量の分極が行われることになる。

#### 【0126】

従って、この第3の具体例では、図12に示すように、まず、準備期間T1において、カソード電極16に基準電圧（0V）を印加して、電界印加部14に対して電界をかけない状態にする。このとき、分極－電界特性からもわかるように、電界印加部14は分極がリセットされた状態となる。

#### 【0127】

その後、電子放出期間T2において、カソード電極16に負極性電圧 $V_{a2}$ を印加して、電界印加部14に対して電界（例えば約 $-2000\text{ V/mm}$ ）を印加することによって電界印加部14を分極させると、ポイントp22にて電子の放出が行われる。これは、図12に示すように、電子放出期間T2の開始時点から一定時間 $t_{c3}$ （ここでは、 $10\text{ }\mu\text{sec}$ 以内）におけるカソード電極16及び

アノード電極 20 間の電圧  $V_{ak}$  のピーク時点 P1 において、電圧降下がみられ、このピーク時 P1 に電子放出が行われていることがわかる。つまり、このピーク時点 P1 において、コレクタ電極 24 に急速に電流（コレクタ電流  $I_c$ ）が流れており、これは、放出電子がコレクタ電極 24 にて捕獲されたことを示している。

#### 【0128】

このように、第 3 の具体例に係る電子放出素子 10c では、電界印加部 14 の分極が電界の変化に応じて散漫的に起こるため、単位時間当たりの分極量が多いほど（一定時間内での電界の変化が大きいほど）、電子放出量が多くなる。

#### 【0129】

電子放出量は、電界の強さにも関連はするが、どちらかという、単位時間当たりの電界の強さの変化量に依存し、その変化量が大きければ、電界が低くても電子の放出量は多くなる。つまり、アナログ的な電子放出特性となる。

#### 【0130】

また、電子放出される電界（ポイント p22）における電界と分極がリセットされる電界（ポイント p21 における電界）との電位差が小さい。従って、一旦、電子が放出されて、カソード電極 16 とアノード電極 20 間の電圧  $V_{ak}$  が降下すると、電界印加部 14 の分極が容易にリセットされ、疑似的に準備期間 T1 での状態（基準電圧が印加された状態）になる。

#### 【0131】

しかし、この電子放出期間 T2 では、カソード電極 16 に負極性電圧  $V_{a2}$  が印加されていることから、急速にカソード電極 16 とアノード電極 20 間の電圧  $V_{ak}$  が大きくなり、再び分極が行われていく。このとき、分極の変化が急速に進むため、最初の電子放出の際の電圧よりも低い電圧で電子放出が行われる。

#### 【0132】

2 度目の電子放出が行われて、カソード電極 16 とアノード電極 20 間の電圧  $V_{ak}$  が降下すると、再び電界印加部 14 の分極が容易にリセットされ、その後、カソード電極 16 への負極性電圧  $V_{a2}$  の持続印加によって、カソード電極 16 とアノード電極 20 間の電圧  $V_{ak}$  が再度大きくなり、分極が行われていく。



この場合も分極の変化が急速に進むため、2度目の電子放出の際の電圧とはほぼ同じ電圧で電子放出が行われる。

#### 【0133】

つまり、1回目の電子放出後においては、カソード電極16とアノード電極20間の電圧 $V_{ak}$ が微振動することとなり、この微振動によって電子放出が持続されることになる。そして、負極性電圧 $V_{a2}$ のレベルを制御することによって、電子放出の持続時間を制御することも可能となる。

#### 【0134】

このように、第3の具体例に係る電子放出素子10cの電子放出方法においては、電界印加部14に印加される電界の時間当たりの変化量を制御すること、即ち、電界印加部14での分極量を制御することで、効率よく電子を放出することができることから、ディスプレイや光源等への応用を容易にすることができる。

#### 【0135】

また、上述したように、単位時間当たりの電界の強さの変化量（単位時間当たりの分極の変化率）が大きいほど、電界の強さを低くすることができるため、駆動電圧系の低電圧化が可能となる。

#### 【0136】

また、この電子放出方法では、準備期間 $T_1$ に印加される基準電圧を0Vとしたので、準備期間 $T_1$ における電界印加部14は、分極がリセットされた状態となる。従って、電子放出期間 $T_2$ においては、片側極性駆動（負極性への駆動）のみで電子放出が可能となる。これは、駆動回路系の簡略化につながり、低消費電力やコストの低廉化並びに構造の小型化において有利となる。

#### 【0137】

また、カソード電極16に印加される負極性電圧 $V_{a2}$ のレベルを制御（最大振幅や偏移時間 $t_a$ を制御）することによって、電子放出期間 $T_2$ の開始時点から一定時間 $t_{c3}$ 内、例えば $10\mu\text{sec}$ 以内に生じる電界印加部14の分極量を制御し、電子放出量を制御することができる。

#### 【0138】

上述した本実施の形態に係る電子放出素子10（第1～第3の具体例に係る電

子放出素子 10a ~ 10c を含む) においては、図 1 に示すように、コレクタ電極 24 に蛍光体 28 を塗布してディスプレイの画素として構成した場合、以下のような効果を奏することができる。

【0139】

(1) CRT と比して超薄型 (パネルの厚み = 数 mm) にすることができる。

【0140】

(2) 蛍光体 28 による自然発光のため、LCD (液晶表示装置) や LED (発光ダイオード) と比してほぼ  $180^\circ$  の広視野角を得ることができる。

【0141】

(3) 面電子源を利用しているため、CRT と比して画像歪みがない。

【0142】

(4) LCD と比して高速応答が可能であり、 $\mu\text{sec}$  オーダーの高速応答で残像のない動画表示が可能となる。

【0143】

(5) 40 インチ換算で 100W 程度であり、CRT、PDP (プラズマディスプレイ)、LCD 及び LED と比して低消費電力である。

【0144】

(6) PDP や LCD と比して動作温度範囲が広い ( $-40 \sim +85^\circ\text{C}$ )。ちなみに、LCD は低温で応答速度が低下する。

【0145】

(7) 大電流出力による蛍光体の励起が可能であるため、従来の FED 方式のディスプレイと比して高輝度化が可能である。

【0146】

(8) 圧電体材料の分極反転特性及び膜厚により駆動電圧を制御可能であるため、従来の FED 方式のディスプレイと比して低電圧駆動が可能である。

【0147】

このような種々の効果から、以下に示すように、様々なディスプレイ用途を実現させることができる。

【0148】

(1) 高輝度化と低消費電力化が実現できるという面から、30～60インチディスプレイのホームユース（テレビジョン、ホームシアター）やパブリックユース（待合室、カラオケ等）に最適である。

【0149】

(2) 高輝度化、大画面、フルカラー、高精細度が実現できるという面から、顧客吸引力（この場合、視覚的な注目）に効果が大であり、横長、縦長等の異形状ディスプレイや、展示会での使用、情報案内板用のメッセージボードに最適である。

【0150】

(3) 高輝度化、蛍光体励起に伴う広視野角化、真空モジュール化に伴う広い動作温度範囲が実現できるという面から、車載用ディスプレイに最適である。車載用ディスプレイとしての仕様は、15:9等の横長8インチ（画素ピッチ0.14mm）、動作温度が $-30 \sim +85^{\circ}\text{C}$ 、斜視方向で $500 \sim 600 \text{ cd/m}^2$ が必要である。

【0151】

また、上述の種々の効果から、以下に示すように、様々な光源用途を実現させることができる。

【0152】

(1) 高輝度化、低消費電力化が実現できるという面から、輝度仕様として2000ルーメンが必要なプロジェクタ用の光源に最適である。ちなみに、カーボンナノチューブランプの場合、アノード電圧10kV、アノード電流 $300 \mu\text{A}$ にて直径27mmの蛍光面で $104 \text{ cd/m}^2$ （160ルーメン）であるから、10倍以上の高輝度化が必要になり、プロジェクタ用の光源としての実用化が困難である。

【0153】

(2) 高輝度2次元アレー光源を容易に実現できることと、動作温度範囲が広く、屋外環境でも発光効率に変化がないことから、LEDの代替用途として有望である。例えば信号機等の2次元アレーLEDモジュールの代替として最適である。なお、LEDは、 $25^{\circ}\text{C}$ 以上で許容電流が低下し、低輝度となる。

**【0154】**

なお、この発明に係る電子放出素子の電子放出方法は、上述の実施の形態に限らず、この発明の要旨を逸脱することなく、種々の構成を採り得ることはもちろんである。

**【0155】****【発明の効果】**

以上説明したように、本発明に係る電子放出素子の電子放出方法によれば、圧電材料にて構成された電界印加部を有する電子放出素子に対して効率的に電子放出を行わせることができ、ディスプレイや光源等への応用を容易にすることができる。

**【0156】**

また、本発明に係る電子放出素子の電子放出方法によれば、反強誘電体材料にて構成された電界印加部を有する電子放出素子に対して効率的に電子放出を行わせることができ、ディスプレイや光源等への応用を容易にすることができる。

**【0157】**

また、本発明に係る電子放出素子の電子放出方法によれば、電歪材料にて構成された電界印加部を有する電子放出素子に対して効率的に電子放出を行わせることができ、ディスプレイや光源等への応用を容易にすることができる。

**【図面の簡単な説明】****【図1】**

本実施の形態に係る電子放出素子（第1～第3の具体例に係る電子放出素子）を示す構成図である。

**【図2】**

本実施の形態に係る電子放出素子の電極部分を示す平面図である。

**【図3】**

パルス発生源から出力される駆動信号を示す波形図である。

**【図4】**

カソード電極に正極性の電圧を印加した際の作用を示す説明図である。

**【図5】**

図 5 A は、カソード電極に負極性の電圧を印加した際の電離作用を示す説明図であり、図 5 B は、カソード電極に負極性の電圧を印加した際の 2 次電子の発生作用を示す説明図である。

【図 6】

圧電材料の分極－電界特性を示す図である。

【図 7】

第 1 の具体例に係る電子放出素子において、カソード電極に印加される駆動信号と、コレクタ電極に流れるコレクタ電流と、カソード電極とアノード電極間の電圧の変化を示す波形図である。

【図 8】

図 8 A は、駆動信号の一例（矩形パルス）を示す波形図であり、図 8 B は、駆動信号の他の例（立ち下がりがランプ状のパルス）を示す波形図である。

【図 9】

反強誘電体材料の分極－電界特性を示す図である。

【図 1 0】

第 2 の具体例に係る電子放出素子において、カソード電極に印加される駆動信号と、コレクタ電極に流れるコレクタ電流と、カソード電極とアノード電極間の電圧の変化を示す波形図である。

【図 1 1】

電歪材料の分極－電界特性を示す図である。

【図 1 2】

第 3 の具体例に係る電子放出素子において、カソード電極に印加される駆動信号と、コレクタ電極に流れるコレクタ電流と、カソード電極とアノード電極間の電圧の変化を示す波形図である。

【符号の説明】

1 0、1 0 a ～ 1 0 c …電子放出素子

1 2 …基板

1 6 …カソード電極

2 0 …アノード電極

1 4 …電界印加部

1 8 …スリット

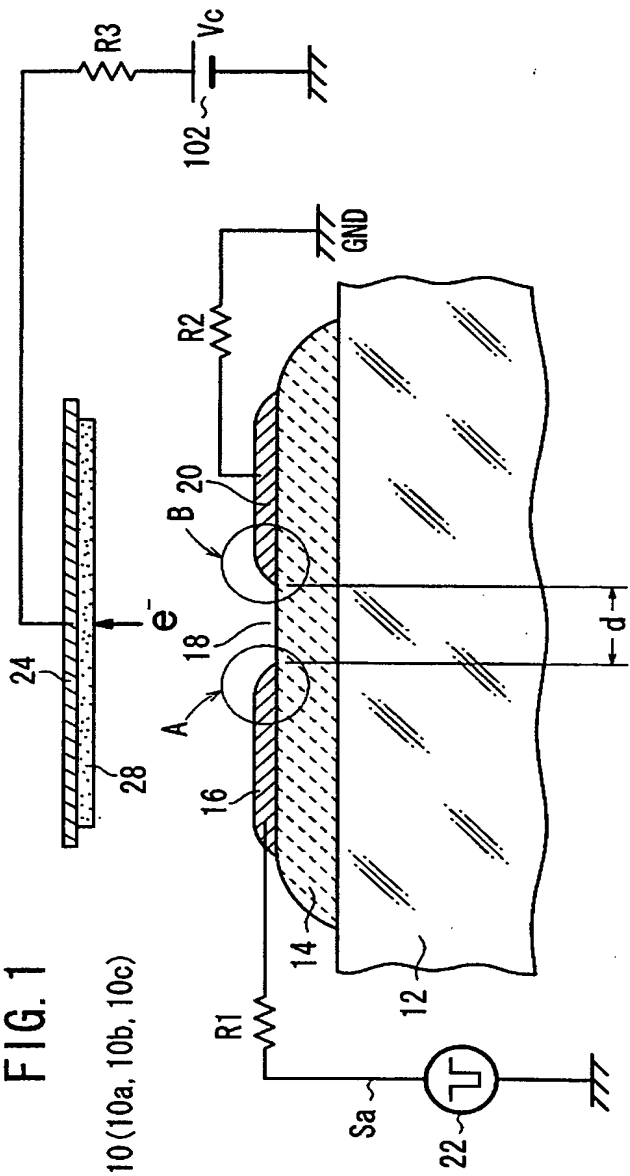
2 2 …パルス発生源

2 4 …コレクタ電極

2 8 …蛍光体

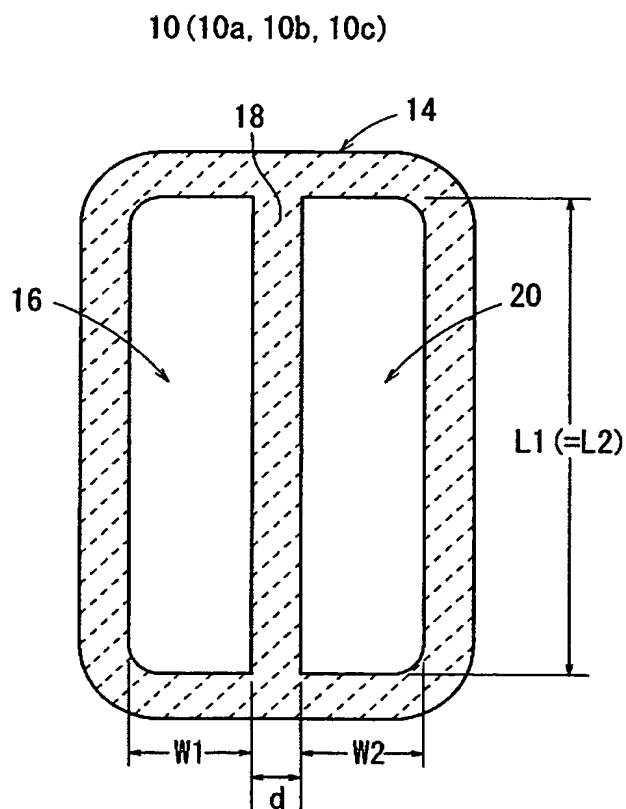
【書類名】 図面

【図 1】



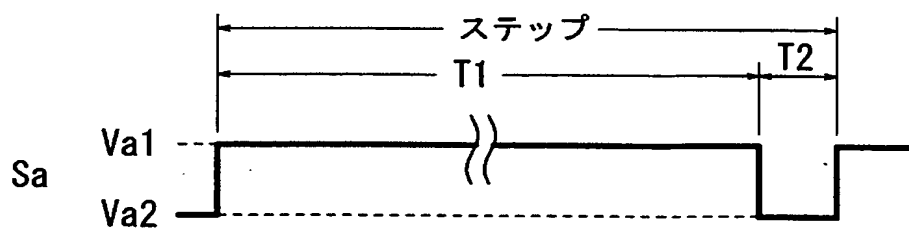
【図 2】

FIG. 2



【図 3】

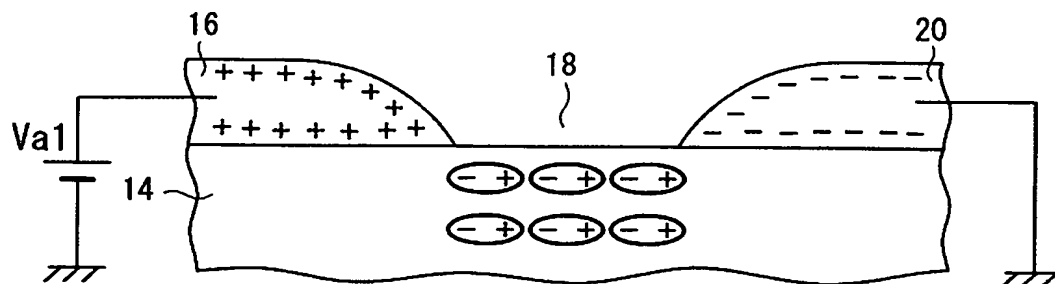
FIG. 3





【図 4】

FIG. 4



【図 5】

FIG. 5A

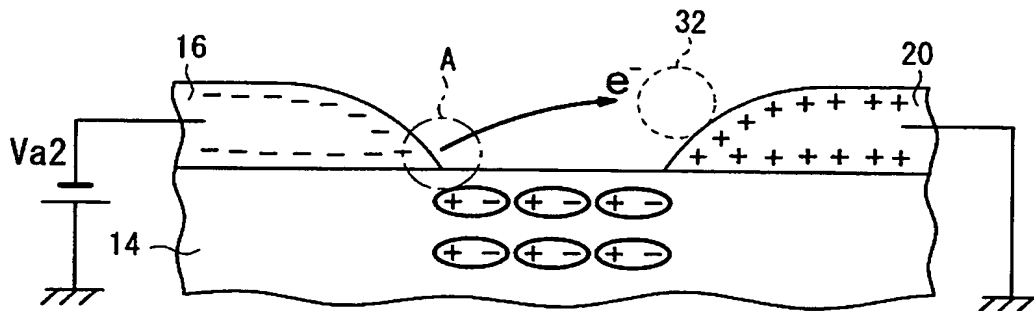
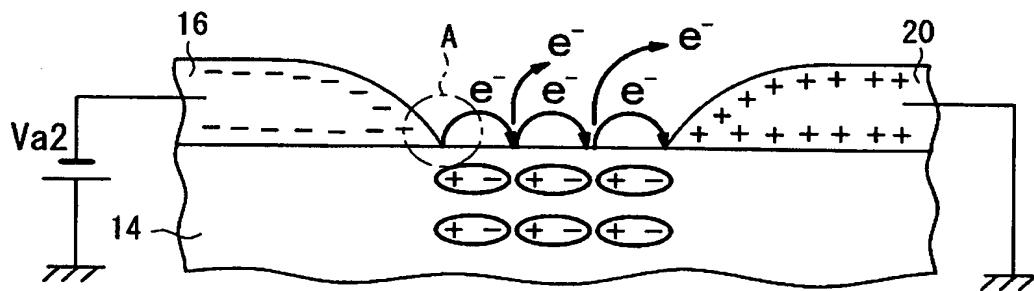
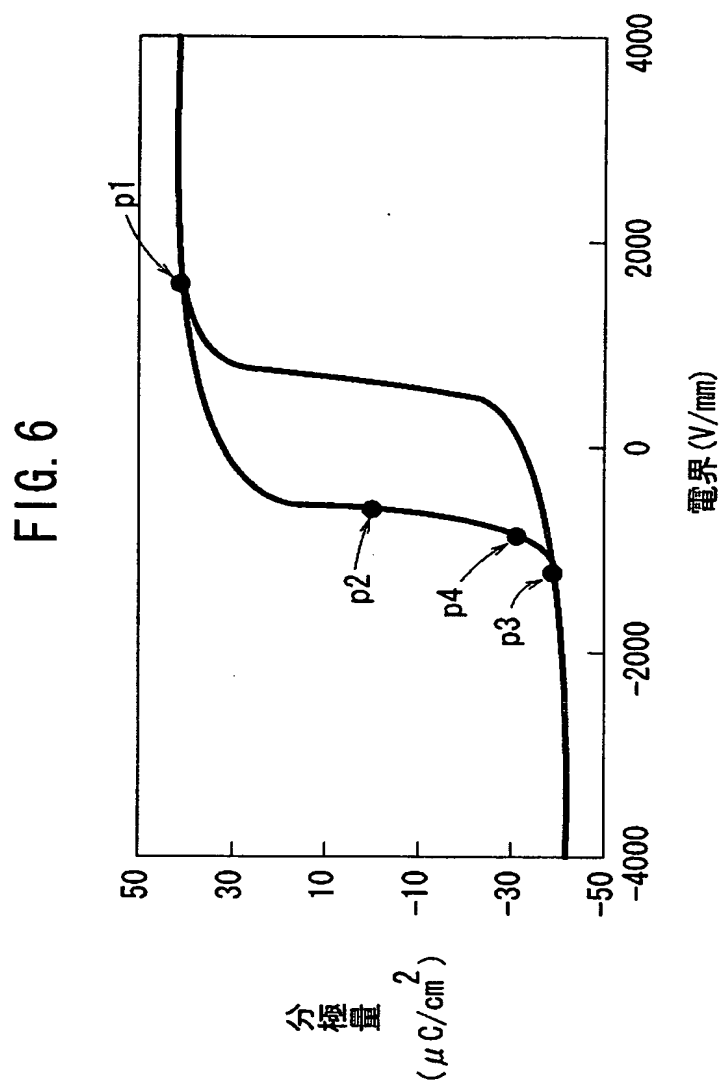


FIG. 5B

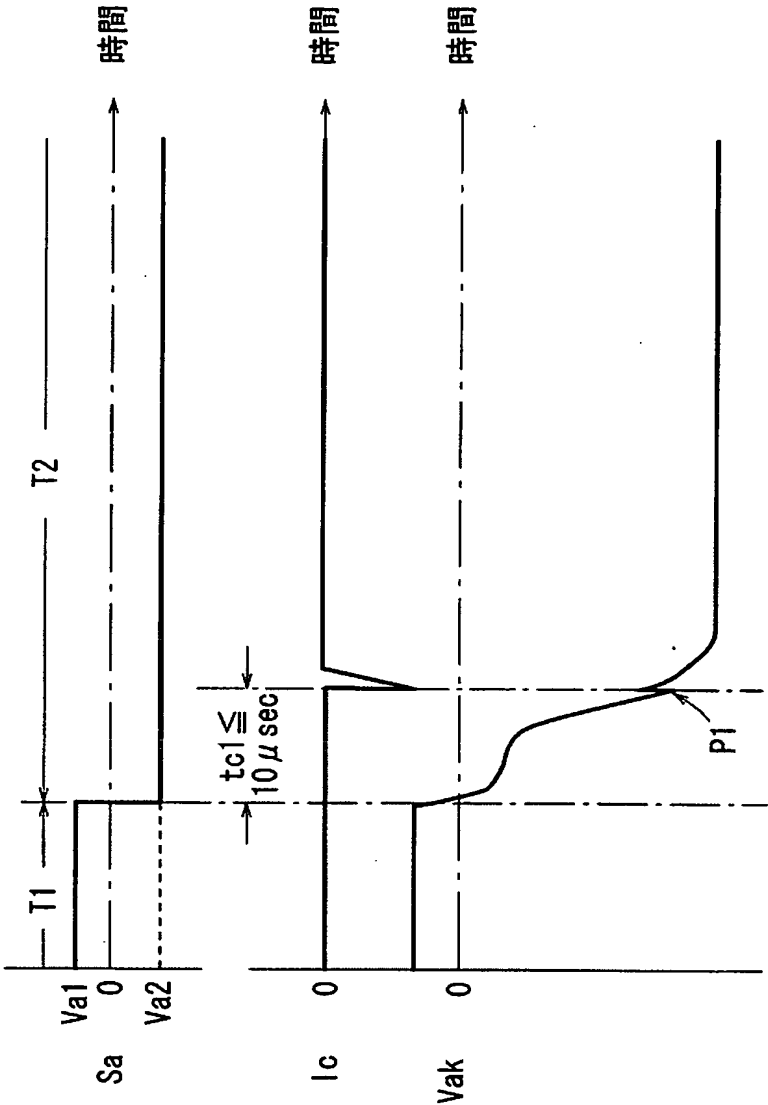


【図 6】



【図 7】

FIG. 7



【図 8】

FIG. 8A

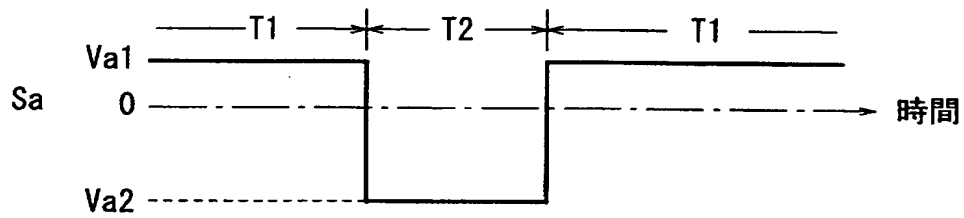
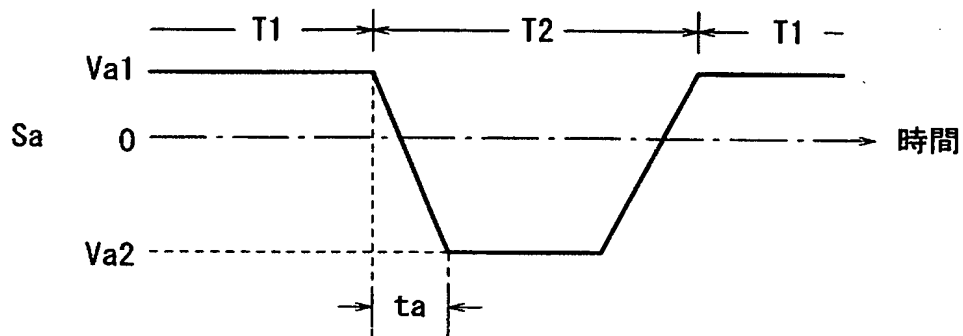
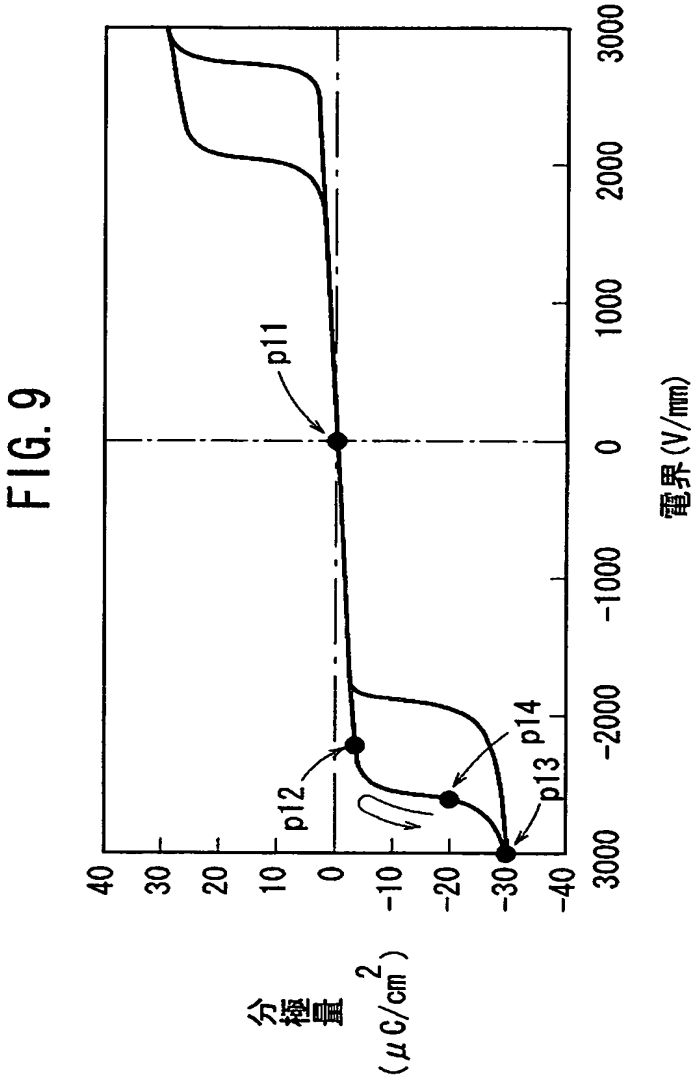


FIG. 8B

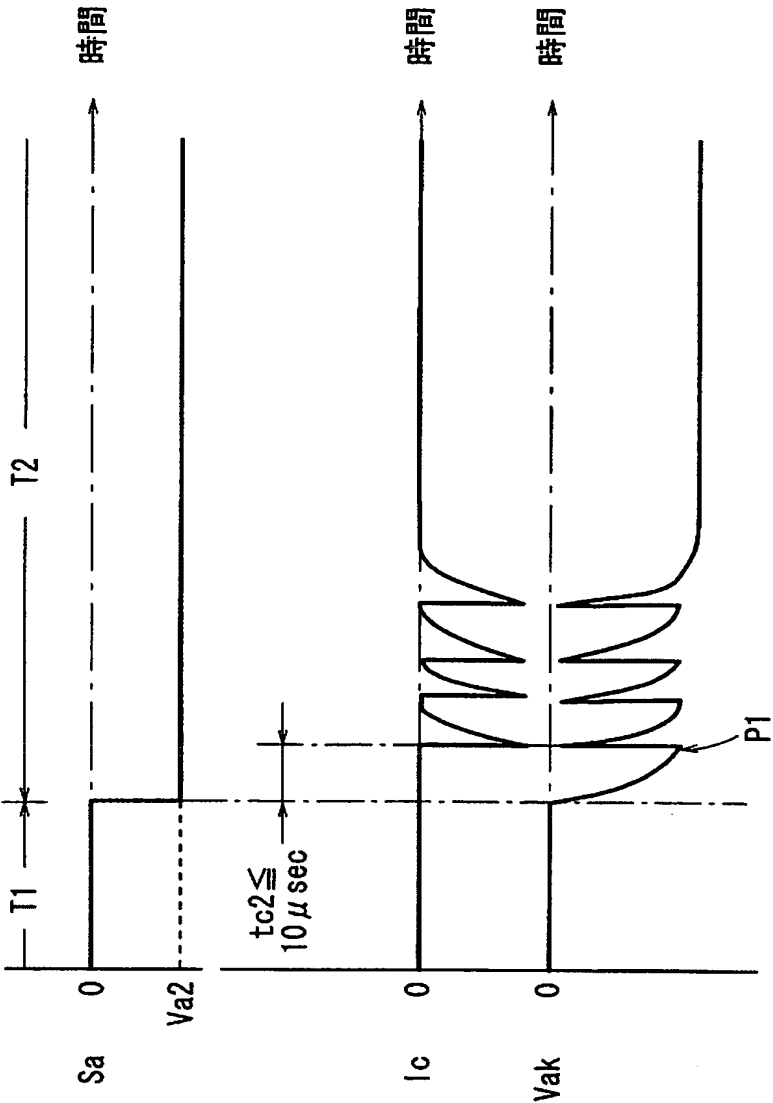


【図 9】

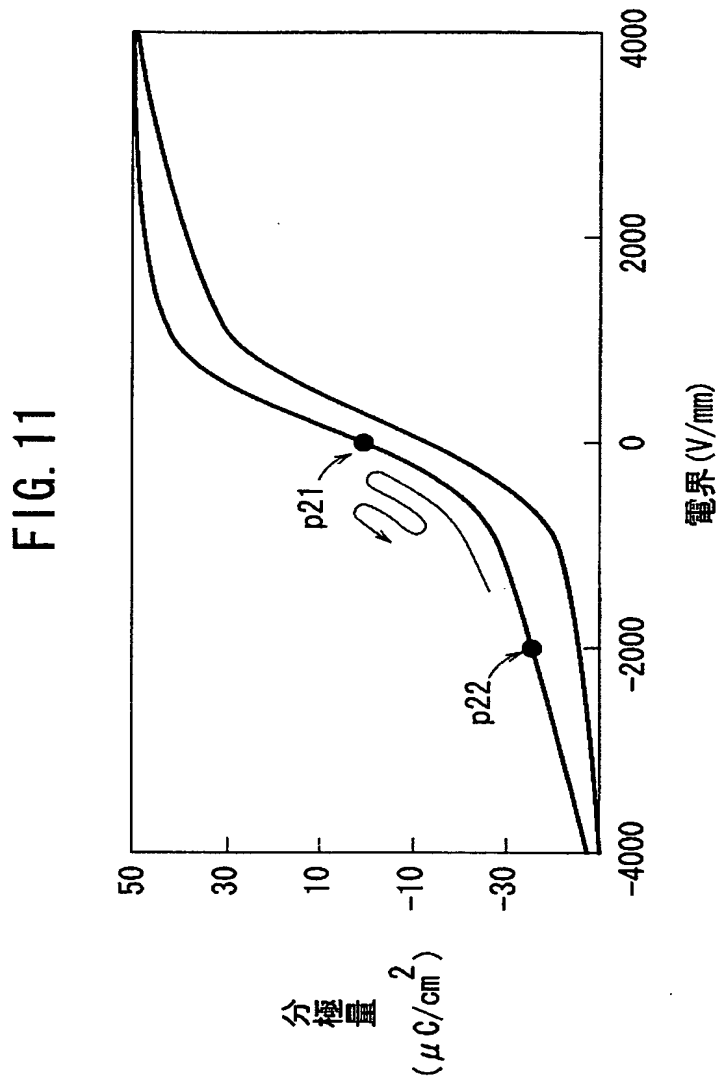


【図 10】

FIG. 10



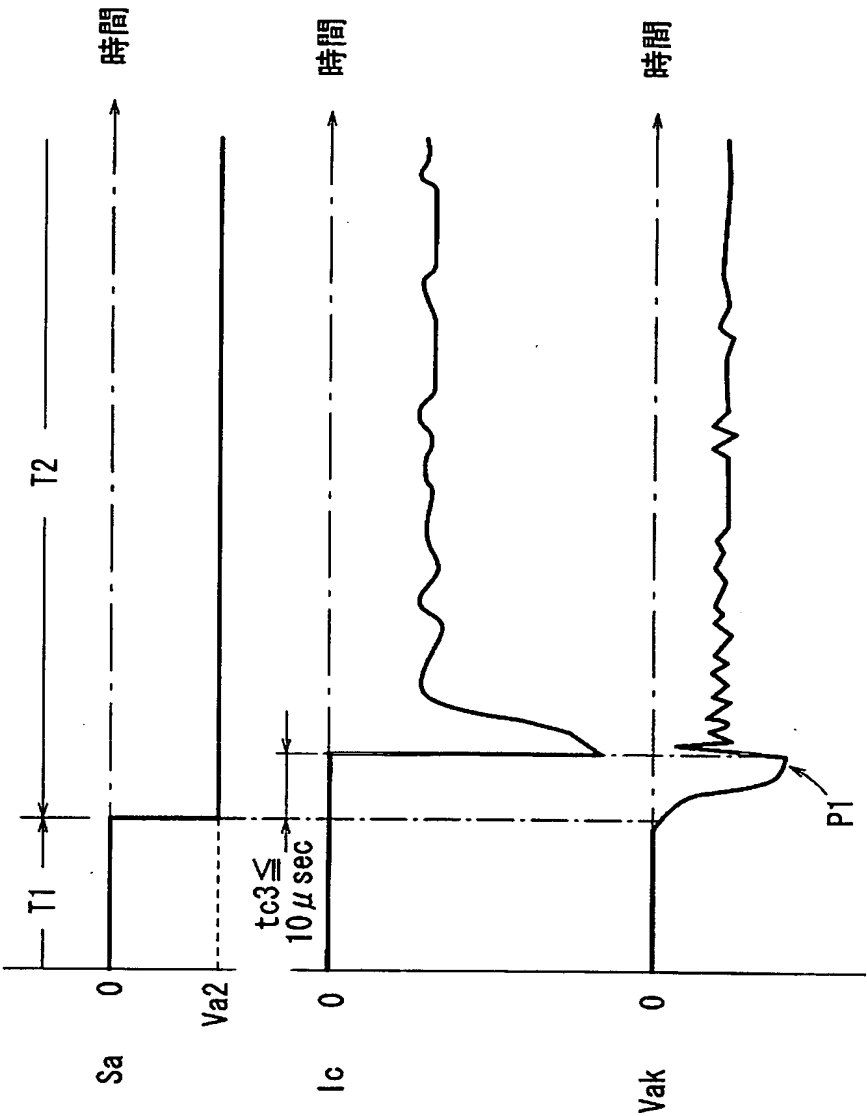
【図 11】





【図 12】

FIG. 12



**【書類名】 要約書****【要約】**

**【課題】** 圧電材料にて構成された電界印加部を有する電子放出素子に対して効率的に電子放出を行わせることができるようにする。

**【解決手段】** 電子放出素子 10 は、基板 12 上に形成された電界印加部 14 と、該電界印加部 14 の一方の面に形成されたカソード電極 16 と、同じく電界印加部 14 の一方の面に形成され、カソード電極 16 と共にスリット 18 を形成するアノード電極 20 とを有する。カソード電極 16 にはパルス発生源 22 からの駆動信号 S<sub>a</sub> が供給され、アノード電極 20 にはアノード電位の発生源（この例では GND）が接続されている。電界印加部 14 の上方のうち、前記スリット 18 に対向した位置にコレクタ電極 24 が配置される。なお、コレクタ電極 24 にはコレクタ電位の発生源 102（この例では V<sub>c</sub>）が抵抗 R<sub>3</sub> を介して接続される。そして、電界印加部 14 の構成材料を圧電材料としている。

**【選択図】 図 1**

特願 2 0 0 2 - 3 4 8 9 1 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 4 0 6 4 ]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 4 日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号

氏 名

日本碍子株式会社